Röntgen-Praxis, I. Jahrgang 1933
Georg Thieme Verlag Leipzig

Magenteils fest. v. Bergmann (14) und W. Knothe, Berlin (15) fanden Beziehungen zur Angina pectoris und zum Kardiospasmus; die rudimentären Formen werden als „Hiatusinsuffizienz" bezeichnet und von Knothe in 8% (!) aller Magenuntersuchungen gefunden. Infolge eines Vagusreizes soll es zu verstärkten Längskontraktionen der Speiseröhre kommen, wodurch der kardiale Magenteil in den Hiatus verlagert wird, besonders bei untersetztem Körperbau und hochstehendem Magen (Berg). Ähnliche Schilderungen stammen von G. Velde, Greifswald (16) und R. Blasi (17); ersterer berichtet über 23 Fälle. R. Schatzki, Leipzig (18) bestätigt die Häufigkeit des Vorkommens; bei Greisen fand er eine Hiatusinsuffizienz in 50%, bei Zuhilfenahme einer Kolonaufblähung sogar in 72% aller Untersuchungsfälle. Hier wird hauptsächlich der Fettschwund im Zwerchfellschlitz als Ursache anzusehen sein. Anders, Berlin (19) konnte bei Sektionen wichtiges Material hierzu liefern. Das hochgezogene „Antrum cardiacum" bildet eine sog. „epiphrenale Glocke" infolge Erschlaffung des diaphragmatischen Muskelrings bzw. der die Speiseröhre im Hiatus einschließenden elastischen Membran. Die Speiseröhre erschien nicht verkürzt, sondern eher, infolge Stauchung, leicht geschlängelt. Jedenfalls liegt keine echte Hernienbildung vor, sondern eine intrathorakale Dystopie.

(Fortsetzung folgt)

Elektrische Unfälle

Kritische Betrachtungen über eine Reihe elektrischer Unfälle in medizinischen Röntgenbetrieben

Von Dr. G. Grossmann, Berlin

Mit 3 Abbildungen

Von den 25 elektrischen Unfällen in medizinischen Röntgenanlagen, die im folgenden besprochen werden, sind 24 Hochspannungsunfälle, einer ein Netzspannungsunfall.

Vor etwa einem Jahre hat die Röntgentechnik die Aufgabe gelöst, Röntgenanlagen für Röhrenscheitelspannungen bis 200 kV und für die in der Diagnostik gebräuchlichen größten elektrischen Leistungen bei Wahrung aller Freiheitsgrade der Röhren- und Objektträgerbewegung und bei Einräumung jeglicher Freiheit des Gebrauchers in der Wahl des Fokus-Objekt-Abstandes vollkommen hochspannungssicher und dabei strahlen- und betriebssicher zu gestalten. Daher könnte mancher der Ansicht sein, daß das Thema der Hochspannungsunfälle nicht mehr zeitgemäß ist. Dies mag für die Gebraucher hochspannungssicherer Röntgenanlagen zutreffen. Nicht trifft das aber für den Besitzer oder Gebraucher einer nichthochspannungsgeschützten Röntgenanlage zu. Je mehr hochspannungssichere Anlagen im Laufe der Zeit errichtet sein werden, um so mehr wird seine Aufmerksamkeit auf die Hochspannungsgefahren gelenkt werden, die mit dem Betriebe seiner von dritten dann als veraltet bezeichneten und von ihm selbst in zunehmendem Maße so empfundenen Anlagen verknüpft sind.

Gegenwärtig dürfte schon die Mehrzahl der in Mitteleuropa in Betrieb stehenden Tiefentherapieanlagen und ein beträchtlicher Prozentsatz der zahnärztlichen Diagnostikanlagen hochspannungssicher sein. Doch noch klein ist die Anzahl der bereits errichteten hochspannungssicheren Oberflächentherapie- und Diagnostikanlagen. Bei der jetzigen wirtschaftlichen Lage, falls sie sich nicht sprunghaft ändern sollte, muß man damit rechnen, daß viele Jahre verstreichen werden, ehe die Röntgenanlagen mit frei zugänglichen hochspannungführenden Teilen durch hochspannungssichere ersetzt oder in solche umgewandelt sein werden. Also wird die Frage der Hochspannungsunfälle noch eine Zeitlang aktuell bleiben.

Die Hochspannungsgefahren in Röntgenanlagen mit frei zugänglichen hochspannungführenden Teilen werden von manchem Praktiker in bezug auf ihre mögliche Tragweite unterschätzt. Das mag daher kommen, daß zahlreiche Unfälle, wie sich solche wohl in jedem Röntgenbetrieb, und in größeren wiederholt, an Ärzten oder Hilfspersonen ereignet haben, harmlos verliefen, so daß man sie überhaupt nicht besonders vermerkt hat, während ein großer Teil schwererer Fälle infolge einer gewissen Scheu vor Publizistik der Fachwelt unbekannt geblieben ist.

Von den von mir behandelten 24 Hochspannungsunfällen und 2 weiteren, die ich trotz letalen Ausganges beider wegen Nichtausreichens der Unterlagen zur Aufstellung von Epikrisen nicht aufgenommen habe, sind

	im Fachschrifttum		
	besprochen oder zumindest erwähnt	nicht besprochen	im ganzen
	13	13	26
Davon in der Tagespresse gemeldet . .		5	
Davon typische Fälle	6	4	10 | 26
Davon atypische Fälle	7	9	16 |
Davon solche mit tödlichem Ausgang	4	5	9
wobei	5	5	10

Menschen ums Leben gekommen sind.

Die hier behandelten Unfälle haben sich im Laufe der letzten 14 Jahre zugetragen.

Der Zweck der von mir auf Anregung der Schriftleitung angestellten Studie ist, die Ursachen der Unfälle, soweit das auf Grund der in manchen Fällen nur unvollständigen Berichte möglich ist, zu erörtern und zu untersuchen, ob in den vor kurzem bekanntgemachten umgearbeiteten Hochspannungsschutzvorschriften für medizinische Röntgenanlagen, den Dinrönt 1/1933[1]), den aus den 24 besprochenen Fällen herleitbaren Gefahrenmomenten genügend Rechnung getragen ist.

Der an letzter Stelle behandelte Netzspannungsunfall[2]) hängt mit der Beschaffenheit eines Steckers und einer Schnurschutzspirale zusammen, wie solche bei elektrischen Handgeräten (Plätteisen, Küchenmaschinen u. a. m.) allgemein Verwendung finden. Der Fall ist kein Röntgenfall. Ihm liegt ein Gefahrenmoment zugrunde, das auf anderen elektrotechnischen Gebieten vor geraumer Zeit aufgetaucht ist und den Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) zur Herausgabe einer besonderen Vorschrift über solche Steckanschlüsse veranlaßt hat.

Die Unfälle werden nur besprochen, um aus den Vorfällen Folgerungen im allgemeinen Interesse herzuleiten, nicht jedoch, um auf die Personen, Institute oder Firmen hinzuweisen, die Fehler oder Irrtümer begangen haben. Daher habe ich bei jedem im Fachschrifttum bisher nicht erörterten Falle davon abgesehen, den Ort, das Land und den Zeitpunkt des Unfalles zu nennen. Bei Kennzeichnung der Beschaffenheit der Röntgenanlage ist nur auf die Apparatesysteme und nicht auf die besonderen Apparatetyps hingewiesen. Die Fälle sind nicht in chronologischer Folge aneinandergereiht, sondern nach sachlichen Gesichtspunkten geordnet.

Den Personen und Stellen, die mir in freundlicher Weise Einzelheiten über Unfälle bekanntgegeben haben, sage ich hiermit besten Dank.

Zum besseren Verständins der Ausführungen in Spalte 4 der Tafel und zwecks Vermeidung von Wiederholungen sei das folgende vorausgeschickt.

Zwei Klassen von Röntgenapparaten sind zu unterscheiden:

Klasse I: Röntgenapparate, bei denen kein Punkt des Hochspannungssystems betriebsmäßig geerdet ist.

Klasse II: Röntgenapparate, bei denen ein Punkt des Hochspannungssystems betriebsmäßig geerdet ist.

a) Die meisten Röntgenapparate gehören der Klasse I an. Bei einem solchen Apparat ist die Potentialverteilung innerhalb des Systems in bezug auf das Erdpotential im Normalzustande symmetrisch. Das heißt, jede der beiden Röhrenzuleitungen a und b führt gleich hohe Spannung gegen Erde, also jede halbe Betriebsspannung. Ist diese eine pulsierende Gleichspannung von 60 kV Scheitelwert, so führt jede der beiden Röhrenzuleitungen gegen Erde pulsierende Gleichspannung von je 30 kV Scheitelwert, und zwar ist die Spannung der einen Leitung (a) negativ, die der andern (b) positiv.

Es komme eine auf dem Fußboden stehende Person mit der Röhrenzuleitung a in Berührung. Der Fußboden des Röntgenraumes ist in der Regel ein recht mäßiger Isolator gegen Hochspannung. Er ist sogar in vielen Fällen (Beton-, Terrazzoboden) ein recht guter Leiter. Man kann ihn dann als „gute Erde" bezeichnen. Nehmen wir diesen ungünstigen Fall an. Dann wird die Leitung a durch den Berührenden geerdet. Die Folge davon ist, daß sich die Spannung eines jeden Punktes des Hochspannungssystems gegen Erde um die pulsierende Gleichspannung von 30 kV Scheitelwert erhöht. Also muß die Spannung der Leitung b gegen Erde jetzt pulsierende Spannung von 60 kV Scheitelwert (m. a. W. die ganze Betriebsspannung) sein. Diese Potentialverschiebung wirkt sich in Form eines Ladestromstoßes aus. Dieser kapazitive Stromstoß fließt durch den Körper des Berührenden im Augenblicke des Berührens ab. Er löst eine unangenehme Empfindung aus, ist aber ungefährlich und unschädlich.

[1]) Fortschr. Röntgenstr. **46** S. 728—733 (1932). — [2]) H. R. Schinz, Röntgenpraxis **5** S. 148 (1933).

Reicht die Isolierung der Leitung b gegen Erde für 60 kV[1]) Gleichspannung aus (und ebenso die Isolierung jedes Punktes im Hochspannungssystem, der jetzt eine gegenüber der normalen erhöhte Spannung gegen Erde aufweist), dann ereignet sich nichts Sprunghaftes mehr. Der Betrieb des Röntgenapparates läuft äußerlich unverändert weiter. Was geschieht aber mit dem Berührenden? Er ist einpolig mit dem Hochspannungssystem leitend und mit dem Gegenpol (B, b) kapazitiv verbunden. Daher fließt ein kapazitiver Strom durch ihn. Dieser kann je nach der baulichen Beschaffenheit der Anlage verschieden stark sein. Er wird in der Regel einige mA Effektivstärke haben. Zu diesem Strom gesellt sich im Falle, wo von der Leitung b ein Sprühen gegen geerdete Teile einsetzt, auch noch ein schwacher Ableitungsstrom hinzu. Durch diese Ströme wird der Berührende stark faradisiert oder galvanofaradisiert. Einer ernsten Gefahr ist er dadurch jedoch in der Regel nicht ausgesetzt.

Ist die Röhrenspannung nicht 60 kV, sondern 80 oder 90 kV hoch, so dürfte die Voraussetzung, daß die Isolierung der Leitung b gegen Erde ausreicht, im Falle des Durchleuchtungsbetriebes in manchen Fällen nicht mehr zutreffen. Dies kommt daher, daß bei Durchleuchtungsgeräten die Abstände der Röhrenzuleitungen von den geerdeten metallischen Geräteteilen knapp bemessen sind. Vom Sicherheitsstandpunkt aus wäre es erwünscht, daß sie so bemessen oder die hochspannungführenden Teile gegen die Geräteteile durch Isolierschichten so abgeschirmt wären, daß, wenn irgendeine der beiden Röhrenzuleitungen die höchste betriebsmäßig vorkommende Röhrenspannung gegen Erde führt, ein Überschlag von ihr oder einem anderen hochspannungführenden Teil zu geerdeten Geräteteilen nicht zustande kommen kann. Leider läßt sich das ohne beträchtliche Vergrößerung Geräteabmessungen oder Verzicht auf die Verwirklichung gewisser Aufgaben des Gerätebaues im allgemeinen nicht erzielen. Glücklicherweise pflegen die Gebrauchsspannungen beim Durchleuchten im Bereiche von nur 35—75% der höchsten Röhrenspannung (die gemäß dem heutigen Stande der Technik zu 115 kV angenommen werden kann) zu liegen.

Übersteigt die gerade vorhandene Betriebsspannung die Grenzspannung, bei der von der Röhrenzuleitung b Überschläge zu geerdeten Metallteilen des Gerätes einsetzen, dann ist zwischen Erde und der Leitung b eine leitende Verbindung hergestellt, die bisher noch nicht bestanden hat (Abb. 1). Es ist ein geschlossener Stromkreis gebildet, der den Berührenden in sich schließt. Dieser ist nunmehr in Reihe mit seinem Erdungswiderstande (d. h. dem Widerstande zwischen seinen Füßen und der Erde, den wir bisher = 0 gesetzt haben) und der vom Funken durchsetzten Luftstrecke an die Klemmen des Röntgenapparates angeschlossen. Die Stärke des vom Apparat in diesen Kreis gelieferten pulsierenden Stromes hängt — von Widerstandsgrößen des Röntgenapparates abgesehen — in erster Linie vom Widerstande der durchschlagenen Luftstrecke und in zweiter Linie von der Größe des Erdungswiderstandes ab. Der Widerstand des menschlichen Körpers ist dabei vernachlässigbar. — In der Regel ist der Widerstand der durchschlagenen Luftstrecke so groß, daß er auf die Stärke des Kurzschlußstromes einen maßgebenden Einfluß hat. Nur in besonderen Fällen, beispielsweise wenn sich die Überschlagweite aus irgendwelchen Gründen verringert, kann es sich ereignen, daß das Funkenbündel in einen Lichtbogen übergeht und der Vorfall zu einem praktisch vollständigen Kurzschluß des Röntgenapparates durch den Berührenden ausartet.

b) Der Gefahr, mit seinem Körper den Röntgenapparat so gut wie unmittelbar kurzzuschließen, ist der Berührende stets bei einem Röntgenapparate der Klasse II ausgesetzt. Nehmen wir einen einfachen Halbwellenapparat an, bei dem der Mittelpunkt M der Sekundärwicklung des Röntgentransformators[2]) betriebsmäßig geerdet ist. Das Berühren der einen Röhrenleitung a hat in diesem Falle (Abb. 2) zur Folge, daß der Berührende mit seinem Erdungswiderstand in Reihe die zwischen a und M liegende Hälfte der Transformator-Sekundärwicklung kurzschließt. Ist der Erdungswiderstand klein, so bedeutet das einen praktisch vollständigen Kurzschluß.

c) Ebenso gefährlich sind Röntgenapparate, bei denen ein Hochspannungspol betriebsmäßig geerdet ist, wie z. B. die kleinen Dental-Röntgenanlagen dieses Kennzeichens. Sie sind praktisch sogar noch um eine Spur gefährlicher als Röntgenapparate der zuvor genannten Art. Ist doch der geerdete Pol der Röntgentransformator-Sekundärwicklung mit dem Röhrenhalter und den Handhaben leitend verbunden. Nur wenig Wahrscheinlichkeit besteht dafür, daß jemand die Hochspannungsleitung berührt, ohne gleichzeitig mit einem geerdeten Teile der Einrichtung in Kontakt zu stehen. Hier dürfte der Erdungswiderstand in der Regel = 0 und der akzidentelle Kurzschluß vollständig sein.

d) Unter a) ist von einem Röntgenapparate die Rede gewesen, der pulsierende Gleichspannung liefert. Gemeint war also ein Röntgenapparat, bei dem die Röntgenröhre an den Röntgentransformator nicht unmittelbar, sondern auf dem Weg über eine Ventilröhre oder einen Gleichrichter, beispielsweise einen Ventilröhrengleichrichter, angeschlossen ist. Unter b) und c) dagegen ist nur von einfachen Halbwellenapparaten gesprochen worden, also solchen, die im wesentlichen aus je einem Röntgentransformator und einem Heiztransformator bestehen. Das geschah im Interesse der Kürze der Darstellung und konnte geschehen, weil unter den 24 Apparaten, bei denen sich die erörterten Unfälle ereignet haben, die Apparateklasse II nur durch einfache Halbwellenapparate vertreten ist.

Ist der Röntgenapparat der einen oder anderen Klasse ein einfacher Halbwellenapparat, dann ist der Kurzschluß des Röntgenapparates gleichbedeutend mit dem des Röntgentransformators (siehe die Fälle b und c). Der Kurzschlußstrom ist dann ein Wechselstrom. Ist dagegen der Röntgenapparat ein Halbwellenapparat mit

[1]) Spannungsangaben beziehen sich weiter immer nur auf Scheitelwerte.

[2]) Röntgentransformator (abgekürzt: R-Trafo) ist der Haupt-Hochspannungstransformator des Röntgenapparates, also der Teil, dem die in der Entladungsstrecke der Röhre verbrauchte elektrische Leistung entnommen wird.

einer der Röntgenröhre vorgeschalteten Ventilröhre oder ein Ventilröhren-Gleichrichterapparat, dann ist der Kurzschlußstrom des Röntgenapparates pulsierender Gleichstrom.

Ist ein solcher Apparat auf Durchleuchtungsbetrieb geschaltet, d. h. sind die Glühkathoden seiner Ventilröhren schwach geheizt, so fällt der Kurzschlußstrom infolge schwacher Elektronen-Emission der Ventilröhren-Glühkathoden verhältnismäßig schwach aus. Ist der Ventilröhrenapparat auf Aufnahmebetrieb geschaltet oder ist der Apparat ein einfacher Halbwellenapparat, so kommen starke Kurzschlußströme zustande, im allgemeinen um so stärkere, je größer die Röhrenhöchststromstärke ist, für die der Apparat gebaut ist. Aber auch bei Halbwellenapparaten kleiner Leistung können starke Kurzschlußströme zustande kommen, Wechselströme, deren

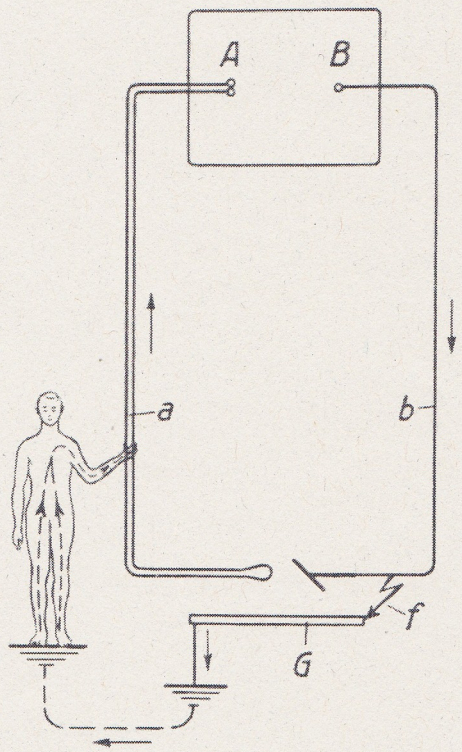

Abb. 1.

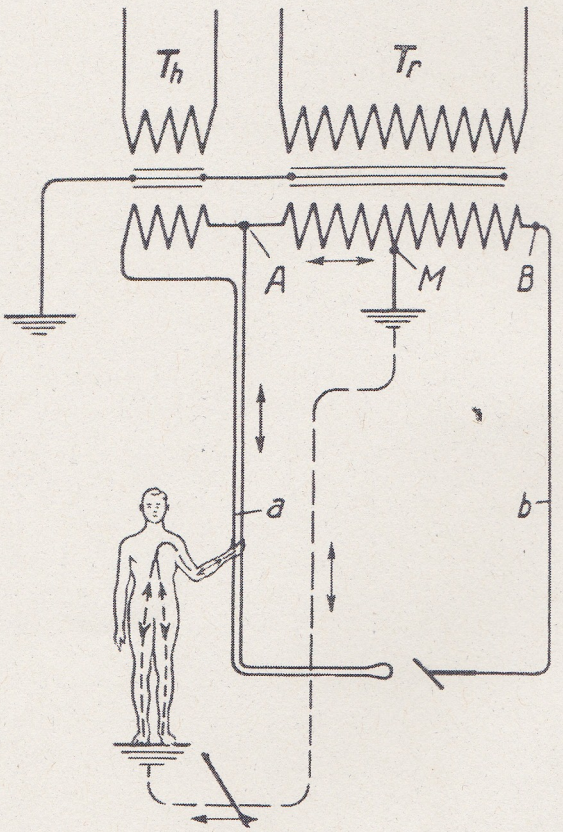

Abb. 2.

Abb. 1. Eine auf Erde stehende Person berührt die Röhrenheizleitung a eines pulsierende Gleichspannung liefernden Röntgenapparates. Von der anodischen Röhrenzuleitung b, die nunmehr volle Betriebsspannung gegen Erde führt, schlägt der Funke f zum geerdeten Gerät G über. Der Berührende befindet sich innerhalb eines an die Pole A, B des Röntgenapparates angeschlossenen Stromkreises. Der Verlauf des Stromes ist durch Pfeile angedeutet.

Abb. 2. Eine auf Erde stehende Person berührt die Röhrenheizleitung a eines aus dem Röntgentransformator T_r und dem Heiztransformator T_h bestehenden einfachen Halbwellenapparates. Der Mittelpunkt M der Sekundärwickelung des Röntgentransformators und dessen Eisenkern sind geerdet. Die zwischen A und M liegende Hälfte der Röntgentransformatorsekundärwickelung ist durch den Berührenden kurzgeschlossen. Der Verlauf des den Berührenden durchfließenden Wechselstromes ist durch das Zeichen ⟷ angedeutet.

Effektivstärke mehrere Hundert mA, ja sogar 1 Amp. oder mehr betragen kann. Dies gilt cet. par. für Röntgenapparate beider Klassen.

Röntgenapparate der Klasse II haben gegenüber solchen der Klasse I den Vorzug, daß die akzidentelle Erdung eines Poles nie zu einem Hinaufschnellen der Spannung anderer Systempunkte gegen Erde zur Folge haben kann. Daher kommt die oben erörterte Schwäche der Untersuchungsgeräte bei deren Zusammenwirken mit einem Röntgenapparat der Klasse II nicht zum Vorschein. Auch treten dann keine Überschläge auf, die im anderen Falle zu einer Gefahrsteigerung Anlaß geben. Trotzdem sind Apparate der Klasse II zu verwerfen. Sie sind von

vornherein den andern gegenüber im Nachteil, weil das Berühren eines Poles bei ihnen stets das Kurzschließen der einen Apparatehälfte bedeutet, während bei Apparaten der Klasse I der unmittelbare Kurzschluß doch nur unter besonders ungünstigen Voraussetzungen zustande kommt.

Diese Überlegungen führten dazu, für die Zukunft das Errichten von Röntgenanlagen mit frei zugänglichen hochspannungführenden Teilen nur zuzulassen, wenn kein Punkt des Hochspannungssystems geerdet ist (§ 16a der Bauvorschr. Dinröntg 1/1933).

e) Ist bei einem einfachen Halbwellenapparat der Klasse I infolge akzidenteller Erdung der Leitung a die Spannung der Klemme B gegen Erde von der halben Betriebsspannung auf deren vollen Betrag hinausgeschnellt, so kann sich dabei gegebenenfalls ein Durchschlag der Isolierung zwischen dem B-seitigen Ende der Sekundärwicklung und der Primärwicklung und der Isolierung zwischen dieser und dem Eisenkern ereignen. Tritt das ein, dann ist die Sekundärklemme B des Röntgentransformators geerdet und dieser über den Berührenden kurzgeschlossen (Abb. 3).

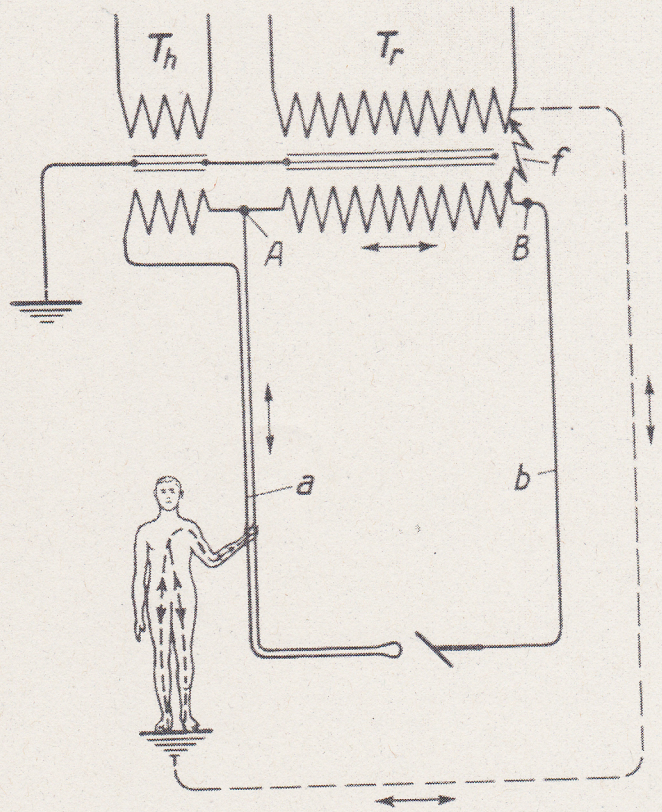

Abb. 3. Eine auf Erde stehende Person berührt die Röhrenheizleitung a eines aus dem Röntgentransformator T_r und dem Heiztransformator T_h bestehenden einfachen Halbwellenapparates. Bei diesem ist kein Punkt des Hochspannungssystems betriebsmäßig geerdet. Die Eisenkerne der beiden Transformatoren sind geerdet. Der Röntgentransformatorpol B führt jetzt volle Betriebsspannung gegen Erde. Die Isolierung zwischen diesem Ende der Sekundärwickelung des Röntgentransformators und seiner Primärwickelung schlägt bei f durch. Die Primärwickelung ist entweder geerdet oder es schlägt auch die Isolierung zwischen der Primärwickelung und Erde durch. Die Person wird vom Kurzschlußstrom des Röntgentransformators durchflossen. Dessen Verlauf ist durch das Zeichen ⟷ angedeutet.

f) In einer Röntgenanlage mit frei zugänglichen hochspannungführenden Teilen kann jemand verunglücken, auch wenn er keinen hochspannungführenden Teil unmittelbar berührt. Eine Voraussetzung dazu ist in einer Röntgenanlage, bei der kein Punkt des Hochspannungssystems geerdet ist, gegeben, wenn die eine Röhrenleitung, beispielsweise die kathodische Leitung a, wider die Betriebsvorschrift zu nah an den auf einem geerdeten metallischen Lagerungstisch ruhenden Kranken herangebracht wird. Nehmen wir an, daß der Abstand der Leitung a vom Körper so groß ist, daß die zwischen beiden befindliche Luftstrecke wohl der halben, nicht jedoch der ganzen Betriebsspannung standhält. Solange wie die Potentialverteilung im Hochspannungssystem, bezogen auf das Erdpotential, symmetrisch ist, ereignet sich nichts Unzuträgliches. Doch kommt die Leitung b infolge eines mechanischen Defektes mit einem geerdeten Teil in Berührung oder schlägt die Isolierung zwischen der Sekundärwicklung des Röntgentransformators und der Primärwicklung in der Nähe des Transformatorpoles B durch, so schnellt die Spannung der Leitung a gegen Erde und somit auch gegen den Kranken auf den vollen Betrag der Betriebsspannung hinauf. Es setzt ein Funkenüberschlag von der Leitung zum Kranken ein. Er wird vom Kurzschlußstrom des Röntgenapparates durchflossen, der durch den Widerstand der Funkenstrecke gedrosselt wird.

g) Berührt jemand beide Hochspannungsleitungen gleichzeitig, so schließt er den Röntgenapparat kurz. Es hat sich schon ereignet, daß jemand einen Röntgenapparat einschaltete, während eine andere Person gerade mit einer Umstellung am Röntgengeräte beschäftigt, mit beiden Hochspannungsleitungen in Berührung stand.

Dies ist der cet. par. schwerste Gefahrfall, der sich in einer Röntgenanlage, in der kein Punkt des Hochspannungssystems betriebsmäßig geerdet ist, ereignen kann. Doch nicht minder schwer sind die unter b und c erörterten.

I. Hochspannungsunfälle

a) Solche, die auf die Beschaffenheit der Röntgenanlage und/oder das Schadhaftwerden eines Anlageteiles zurückzuführen sind

1 Beschaffenheit der Röntgenanlage der Schilderung gemäß	2 Beschreibung des Unfalles	3 Unfallfolgen	4 Ursachen des Unfalles; Verlauf des schädigenden Stromes	5 Wie wären die Fälle ausgegangen, wenn die Anlage nach den Bauvorschriften von Dinrönt 1/1930 bzw. 1/1933 ausgeführt gewesen wäre? Was kann man aus den Unfällen lernen?
1. und 2. W. F. Hemler, Amer. J. Roentgenol. 9 S. 365/370 (1922).				
1. R-Diagnostikanlage mit Fußschalter.	Der Arzt kommt, während er den Fußschalter bedient, mit einem hochspannungführenden Teil der Anlage in Berührung.	Nichts Ernsthaftes.	Zu 1 und 2. 1. Das zufällige Berühren hochspannungführender Teile. 2. Der Fußschalter und der Betonboden als „gute Erde". Stromverlauf in beiden Fällen gemäß Abb. 1.	Der Fußschalter und der gutleitende Fußboden sind in ihrer Wirkung im großen und ganzen einander gleich. Der Fußschalter ist, insbesondere wenn er in ein geerdetes Metallgehäuse eingeschlossen ist, bessere „Erde" als in der Regel der Fußboden. Dagegen ist der gut leitende Fußboden weitaus gefährlicher als der Fußschalter, weil der die Hochspannungsleitung zufällig Berührende immer mit dem Fußboden in Berührung steht, während die Wahrscheinlichkeit dafür, daß er mit dem Fußschalter in Berührung kommt, klein ist.
2. R-Diagnostikanlage; Betonboden.	Ein 220pfündiger Neger kommt, auf dem Betonboden stehend, mit der einen Röhrenzuleitung in Berührung. Er wird zu Boden geworfen.			Laut § 15a/1933 bzw. 20a/1933 sind nackte Stein-, Beton- oder mit Eisenplatten oder Rosten durchsetzte Böden möglichst zu vermeiden. Einen ganz zuverlässigen Fußboden gibt es nicht. Man darf auch einem verhältnismäßig gut isolierenden Fußboden kein unbedingtes Vertrauen schenken. Besteht ein solcher doch immer nur aus verhältnismäßig dünnen Schichten isolierenden Stoffes, die auf mehr oder weniger guter „Erde" ruhen. Auch besteht die Gefahr, daß sich an Stellen, wo die spezifische Bodenbelastung groß ist, die isolierenden Schichten (insbesondere bei Asphaltschichten zu befürchten) seitlich verschieben und dünner werden.
3. R-Diagnostikapparat. Mittelpunkt der Sekundärwicklung des R-Trafos mit dem Mittelpunkt seiner Primärwicklung leitend verbunden.	Der Verunglückte kommt mit dem in Spalte 1 genannten Draht in Berührung. Offenbar stand dieser mit einem hochspannungführenden Teil in Verbindung.		1. Ein bis etwa Mannshöhe frei hinunterhängender, in der Nähe hochspannungführender Teile befindlicher Metalldraht. 2. Daß der Mittelpunkt der R-Trafo-Sekundärwicklung geerdet oder so gut wie geerdet ist.	Der in Spalte 4 unter 1 genannte, geradezu groteske Fall ist in den Dinrönt 1 nicht berücksichtigt. R-Apparate des in Spalte 4 unter 2 genannten Kennzeichens sind bei R-Anlagen der Klasse D (Anlagen mit im Behandlungsraum frei zugänglichen hochspannungführenden Teilen) gemäß § 16a/1933 nicht zugelassen.

1 Beschaffenheit der Röntgenanlage der Schilderung gemäß	2 Beschreibung des Unfalles	3 Unfallfolgen	4 Ursachen des Unfalles; Verlauf des schädigenden Stromes	5 Wie wären die Fälle ausgegangen, wenn die Anlage nach den Bauvorschriften von Dinrönt 1/1930 bzw. 1/1933 ausgeführt gewesen wäre? Was kann man aus den Unfällen lernen?
Fortsetzung zu 3. Von oben hängt bis etwa Mannshöhe ein Draht hinunter.			Stromverlauf gemäß Abb. 2.	
4. R-Diagnostikapparat mit umlaufendem Hochspannungsgleichrichter.	Während einer Schädelaufnahme bricht die eine Hochspannungsleitung und fällt auf die Schwester. Sie schreit auf. Sie behauptet, es sei nicht schlimm gewesen.	Keine gemeldet.	Materialfehler oder schlechte Montage. Die Schwester war entweder nur von einem kapazitiven Strom durchflossen oder, falls von der anderen Röhrenleitung zur Erde ein Funke überging, ähnlich wie der Verunglückte gemäß 2 beansprucht.	Dieser Fall hat sich vor 12 Jahren in einer Anlage ereignet, in der als Hochspannungsoberleitungen gespannte Drähte benutzt worden sind. Seit mehr als 15 Jahren werden als feste Hochspannungsleitungen an Deckenisolatoren montierte Rohre benutzt. Bei solchen dürften Leitungsbrüche kaum vorkommen. Jede Leitung hat mindestens zwei, sehr häufig mehr, feste Stützpunkte. Auch wenn sich ein Deckenisolator lockert, dürfte sich die Leitung nicht stark nach unten durch- oder abbiegen. Dennoch schien es mir zweckmäßig, auch diesen Fall zu erwähnen. Laut Betriebsvorschr. § 13a/1930 bzw. § 14a/1933 sind festverlegte Hochspannungsleitungen jährlich mindestens einmal in bezug auf mechanische Festigkeit nachzuprüfen.
5. J. Radiol. et Electrol. **3** S. IV u. 544 (1919). An ein Wechselstromnetz angeschlossener Halbwellenapparat. Im Primärkreise des R-Trafos kein Widerstandsregler und offenbar (sans dispositif de garde) kein Höchststromauslöser. Mittelpunkt der Sekundärwicklung des R-Trafos geerdet. Die Röhre an die Sek.-Klemmen unmittel-	Der Arzt nimmt eine Durchleuchtung vor. Mit der einen Hand bedient er das Durchleuchtungsgerät. Die eine der in Schleifenform hängenden Röhrenzuleitungen kommt mit dem Röhrenständer in Berührung. Er bricht lautlos zusammen. Man wurde dessen dadurch gewahr, daß er verstummt war.	Exitus letalis.	1. Benutzung lose baumelnder Röhrenzuleitungen. 2. Nichtgeerdetsein der Metallteile des Röhrenständers. 3. Geerdetsein des Mittelpunktes der R-Trafo-Sekundärwicklung. 4. Fehlen eines Höchststromausschalters im Primärkreise des R-Trafos. Die eine Hälfte der Sekundärwicklung des R-Trafos war auf dem Wege: Röhrenleitung — Gerät ... Handhabe — Hand ... Füße des Arztes — Fußboden — Erde — Mittelpunkt der R-Trafo-Sek.-Wicklung kurzgeschlossen (Abb. 2).	Der § 18a/1930 bzw. 22a/1933 schreibt vor, daß als Röhrenzuleitungen selbsttätig zurückschnellende Leitungen benutzt werden müssen, die gegen unbeabsichtigtes Aushaken durch Erschütterungen u. dgl. gesichert sind. Wenn nur diese eine Bedingung erfüllt gewesen wäre, so wäre der Vorfall so, wie er sich ereignet hat, nicht ausgelöst worden. — Wären die Metallteile des Röhrengerätes im Sinne des § 20a/1930 bzw. 24a/1933 geerdet und ein Höchststromausschalter im Sinne des § 13/1930 bzw. 18/1933 vorgesehen gewesen, wäre der Vorfall wahrscheinlich glimpflich abgelaufen. — Das letzte wäre insbesondere der Fall gewesen, wenn der Mittelpunkt der Sekundärwicklung des R-Trafos nicht geerdet gewesen wäre. Gemäß § 16a/1933 darf bei einer nicht-hochspannungsgeschützten R-Anlage (Klasse D) keine

1 Beschaffenheit der Röntgenanlage der Schilderung gemäß	2 Beschreibung des Unfalles	3 Unfallfolgen	4 Ursachen des Unfalles; Verlauf des schädigenden Stromes	5 Wie wären die Fälle ausgegangen, wenn die Anlage nach den Bauvorschriften von Dinrönt 1/1930 bzw. 1/1933 ausgeführt gewesen wäre? Was kann man aus den Unfällen lernen?
Fortsetzung zu 5.				
bar angeschlossen. Die zur Röhre führenden Leitungen hängen in Form von Schleifen. Der Röhrenständer ist nicht geerdet. Fußboden mit Linoleum belegt.			Wohl ist parallel zum Körper des Verunglückten das Röhrengerät geschaltet gewesen. Offenbar ist es gegen den Fußboden gut isoliert oder zumindest sind die Übergangswiderstände zwischen dem Teil des Gerätes, den die Röhrenleitung berührt hat, und dem Fußboden verhältnismäßig groß gewesen.	Stelle des Hochspannungssystems geerdet sein. Wäre die R-Anlage gemäß Dinrönt 1/1933 (oder 1/1930) ausgeführt gewesen, so wäre der Vorfall nicht eingetreten. Wäre er durch einen anderen Umstand eingeleitet worden, so würde der Arzt keinen Schaden davongetragen haben.
6.				
Großer R-Diagnostikapparat mit umlaufendem Hochspannungsgleichrichter. Metallenes Röhrenstativ; die Röhre in waagerechter Lage, um eine Obertischaufnahme zu machen. In die anodische Röhrenzuleitung hat der Arzt einen Knoten geknüpft, so daß sie sich unter dem Einflusse der Spannfeder in der Kabeltrommel nicht mehr ganz aufwickeln kann. An die Leitung hat er einen Verlängerungsdraht angehakt. An dessen Ende befindet sich ein Haken, der in	Der sich an das Stativ lehnende Arzt schaltet den Röntgenapparat ein. Unmittelbar darauf rutscht der in Spalte 1 erwähnte Haken, der aufgebogen war, aus der Öse heraus, die anodische Röhrenzuleitung fällt auf die Schulter des Arztes. Von der kathodischen Röhrenleitung (die nunmehr praktisch volle Betriebsspannung gegen Erde hat) schlägt ein Funke zum Stativ über. Der Arzt stürzt zu Boden.	Nach fünftägigen furchtbaren Qualen tritt Exitus letalis (Herzschwäche) ein.	Der springende Punkt ist die Benutzung eines (vielleicht aus weichem Material hergestellten) aufgebogenen Hakens an Stelle eines zuverlässigen Verbindungsmittels am Ende der Röhrenzuleitung. In zweiter Linie der an die federnde Bandleitung gelenkig (mittels Haken) angesetzte Verlängerungsdraht. Diese Beschaffenheit der Röhrenzuleitung hat der Gebraucher selbst verschuldet. Der Arzt war an den Röntgenapparat auf dem Wege: anodische Röhrenleitung — Arzt — Stativkörper — Funkenbahn — kathodische Röhrenleitung angeschlossen. Sein Rumpf war von einem intermittierenden Gleichstrom großer und sehr variabler Stärke und mittel- und hochfrequenten Strömen durchflossen.	Gemäß § 18a/1930 bzw. 22a/1933 muß die Röhrenzuleitung gegen unbeabsichtigtes Aushaken durch Erschütterungen od. dgl. gesichert sein. Hätte die Röhrenzuleitung der Bauvorschrift entsprochen, so wäre der Unglücksfall nicht eingetreten.

1	2	3	4	5
Beschaffenheit der Röntgenanlage	Beschreibung des Unfalles der Schilderung gemäß	Unfallfolgen	Ursachen des Unfalles; Verlauf des schädigenden Stromes	Wie wären die Fälle ausgegangen, wenn die Anlage nach den Bauvorschriften von Dinrönt 1/1930 bzw. 1/1933 ausgeführt gewesen wäre? Was kann man aus den Unfällen lernen?
Fortsetzung zu 6.				
eine am Geräte vorhandene Öse eingehakt ist. Parkettboden.				
7. F. M. Groedel, H. Liniger und H. Lossen, Fortschr. Röntgenstr. (Ergänz.-Band) 38 S. 13 (1927).				
Untertischgerät. Die Spannfeder der an der einen Stirnseite des Gerätes befestigten Kabeltrommel der kathodischen Röhrenleitung, die während der Untersuchung versagt hat, hat dem Berichte gemäß vorher zu Störungen keinen Anlaß gegeben.	Bei einer Magendurchleuchtung (70 kV, 5 mA) „biegt sich das Heizstromkabel plötzlich durch und berührt die Erdleitung". Infolgedessen Überschlag von der Anodenleitung zum Kopfe des Kranken. Der Funkenstrom fließt durch die den Kranken berührende rechte Hand des Arztes zu seiner den Blendenarm führenden linken Hand, durch das Gerät zur Erdleitung, und von da zur kathodischen Röhrenleitung.	Am Kopfe des Kranken mehrere runde und streifenförmige, etwa 0,5 cm tiefe Brandwunden. Am Arm und an der Hand des Arztes erbsengroße Defekte, Gefühl starker Faradisation hochgradige Herz- und Atemnot; keine weiteren Folgen. Es konnte gleich weitergearbeitet werden.	1. Anodische Röhrenzuleitung zu nah zum Kopfe des Kranken. (Vielleicht war die Kabeltrommel an der festen Hochspannungsoberleitung nicht festgemacht und hat sich in Richtung zur Tischmitte hin verschoben oder es war das Tischgerät verschoben, so daß die Röhrenzuleitung schräg von oben nach unten verlief und zu nah zur Tischkante kam; oder es war der Ausleger, an dem der Fußpunkt der von oben kommenden Leitung sitzt, zu kurz.) 2. Versagen der Spannfeder in der kathodischen Kabeltrommel. Stromverlauf: wie in Spalte 2 dargelegt.	Wäre die Anlage gemäß Dinrönt 1/1933 ausgeführt gewesen, wäre der Unglücksfall nicht eingetreten, vorausgesetzt, daß die gemäß § 24c Abs. 2 bei Untersuchungstischen vorzusehenden, bis zu 2 m Höhe isolierten oder verschalten Zuleitungen sachgemäß ausgeführt sind. NB. Gemäß Betriebsvorschr. § 11a/1930 bzw. 12a/1933 sind federnde Band- oder Kabeltrommeln täglich auf selbsttätiges Zurückschnellen zu überprüfen. Versagende Trommeln sind sofort außer Betrieb zu setzen.
8. H. Pansdorf, Röntgenpraxis 2 S. 359/366 (1930).				
Untersuchungsgerät, dessen Metallteile geerdet. Wackelkontakt in der Erdleitung. Linoleumbelag des Fußbodens schadhaft.	Der Arzt schiebt mit der linken Hand mittels der Blendenhandhabe den Röhrenwagen nach oben. Das Kühlgefäß am Anodenkopf der nach vorn geneigten Röhre kommt zu nahe an das metallene Gerüst des Untersuchungsgerätes. An der Blendenhandhabe erscheint eine 10cm lange Stichflamme. Tetanus der Hand.	Brandwunden an der Hand; Ödem an den unteren Extremitäten. — Acht Tage nach dem Unfall Dispnöe bei schnellem Gehen und Treppensteigen.	1. Zu kleiner Abstand des Röhren-Anodenkopfes von Metallteilen des Gerätes in der obersten Stellung des Röhrenwagens. 2. Unterbrechung in der Erdungsleitung. 3. Schadhaftsein des Linoleumbelages und nasse Schuhe des Arztes.	Gemäß § 23a/1933 müssen bei Röntgengeräten die Hochspannung führenden Teile gegen die Metallteile des Röntgengerätes so isoliert sein, daß Überschläge bei Röhrenspannungen bis zum 1,25fachen ihres betriebsmäßig vorkommenden Höchstwertes nicht auftreten. Der § 19a/1930 und Abs. 2 des § 23a/1933 sagt aus, daß der Abstand der hochspannungführenden Teile von den im Betrieb berührbaren Teilen des Röntgengerätes bei Spannungen bis 130 kV mindestens 1,1 mm/kV betragen muß, wenn sie nur durch Luft voneinander getrennt sind. Wären diese Bedingungen erfüllt gewesen, so hätte sich der Unfall nicht ereignen können,

Beschaffenheit der Röntgenanlage der Schilderung gemäß	Beschreibung des Unfalles	Unfallfolgen	Ursachen des Unfalles: Verlauf des schädigenden Stromes	Wie wären die Fälle ausgegangen, wenn die Ausführung der Anlage und der Betrieb den Bau- und Betriebsvorschriften von Dinröntgen 1/1930 bzw. 1/1933 entsprochen hätten? Was kann man aus den Unfällen lernen?
Fortsetzung zu 8.				
	und Kehlkopfmuskulatur. Der Atmungsstillstand hört sofort nach Ausschalten des R-Apparates auf. Bewußtlosigkeit von wenigen Minuten Dauer.		Der Arzt befand sich in der Strombahn: anodische Röhrenleitung — Funkenbahn — Gerät — Hand . . . Füße des Arztes — Erde — Funkenbahn an irgendeiner Stelle zur kathodischen Röhrenleitung.	weil das auslösende Moment gefehlt hätte. Der Fall zeigt, wie wichtig die zuverlässige Erdung von Untersuchungsgeräten ist. Gemäß Betriebsvorschr. § 14a/1930 bzw. 15a/1933 sind alle Schutzleitungen, somit auch Erdleitungen, jährlich einmal nachzuprüfen. Dieses Prüfintervall ist groß. Übrigens macht sich eine nicht zuverlässige Erdung sofort sehr deutlich durch die Aufladung der Metallteile des Gerätes bemerkbar, derer man gewahr wird, wenn man sie mit der bloßen Hand berührt.
9. W. F. Hemler, Amer. J. Roentgenol. 9 S. 365/370 (1922).				
Tiefentherapieapparat. Metallener Lagerungstisch, geerdet.	Funkenüberschlag von der einen Hochspannungsleitung zum Kranken. Dieser, dadurch unruhig geworden, greift nach dem einen Röhrenpol. Von diesem geht ein Flammenbogen zum Kranken über. In die Bleigummiabdeckung des Kranken wird ein Loch gebrannt.		1. Benutzung eines geerdeten metallenen Lagerungstisches. 2. Daß der Kranke nach der Röhre greift.	Der Unfall hätte sich nicht ereignet, da Lagerungstische für Therapiebetrieb gemäß § 21a/1930 bzw. 25a/1933 aus Holz oder Isolierstoff gefertigt oder mindestens mit Füßen aus Holz oder Isolierstoff versehen sein müssen, die der Betriebshöchstspannung 1 min. lang standhalten.
b) Hochspannungsunfälle, deren Ursachen in der Beschaffenheit der Röntgenanlage oder im Schadhaftwerden eines Anlageteiles und in einem Betriebsfehler oder Versehen des Gebrauchers liegen.				
10. W. F. Hemler, Amer. J. Roentgenol. 9 S. 365/370 (1922).				
Betonboden.	Der Arzt nimmt die eine Röhrenzuleitung in seine Hand, während der R-Trafo eingeschaltet ist. Hierbei schlägt der R-Trafo durch. Der Arzt fällt zu Boden. Infolge Tetanus der Handmuskulatur vermag er nicht die Leitung fallen zu lassen.	Zahlreiche Verbrennungen dritten Grades an den Händen und am Rücken.	1. Das Anfassen einer unter Spannung stehenden Röhrenleitung. 2. Gut leitender Fußboden. 3. Durchschlag des R-Trafos. Stromverlauf gemäß Abb. 3.	1. Gemäß Betriebsvorschrift 4a/1930 und 1933 muß man sich vor jedem Berühren hochspannungführender Teile von R-Anlagen davon überzeugen, daß der Hauptschalter ausgeschaltet ist. Würde in diesem Sinne gehandelt worden sein, wäre das Unglück nicht ausgelöst worden. 2. Siehe Fall 2. 3. Wenn auch nur R-Trafos zur Verwendung gelangen, die den Isolationsprüfungen standgehalten haben, so werden sich immer wieder, wenn auch nur ausnahmsweise, Trafo-Durchschläge ereignen. Es gibt keinen absoluten Schutz gegen die Tücken

Beschaffenheit der Röntgenanlage der Schilderung gemäß	Beschreibung des Unfalles	Unfallfolgen	Ursachen des Unfalles; Verlauf des schädigenden Stromes	Wie wären die Fälle ausgegangen, wenn die Ausführung der Anlage und der Betrieb den Bau- und Betriebsvorschriften von Dinrönt 1/1930 bzw. 1/1933 entsprochen hätten? Was kann man aus den Unfällen lernen?
Fortsetzung zu 10.				der Materie, wie es auch keine Sicherheit dafür geben kann, daß der Gebraucher zu jeder Zeit Herr seiner Handlungen ist.
11. Einfacher Halbwellenapparat. Der Mittelpunkt der Sekundärwicklung des R-Trafos ist geerdet.	Während einer Durchleuchtung greift ein aufgeregter Angehöriger des Kranken nach dem einen Röhrenpol.	Exitus letalis.	1. Zulassung eines Angehörigen des Zuuntersuchenden, insbesondere bei einer Anlage des in Spalte 1 angegebenen Kennzeichens. 2. Daß der Fremde nach der Röhre greift. 3. Geerdetsein des Mittelpunktes der R-Trafo-Sekundärwicklung. Stromverlauf gemäß Abb. 2.	1. Die Frage, ob Fremden der Aufenthalt im R-Raum gestattet werden kann, liegt außerhalb des in den Schutzvorschriften zu behandelnden Fragenkomplexes. 2. Solche R-Trafos sind in R-Anlagen der Klasse D gemäß § 16a/1933 nicht zugelassen. Aber auch im Falle der Benutzung eines den Bauvorschriften entsprechenden R-Trafos würde sich cet. par. ein Unfall ereignet haben, wenn auch nicht unbedingt mit letalem Ausgange.
12. Hochspannungsseitig einpolig geerdeter Dental-Röntgenapparat. Röhre in Bleiglasgehäuse.	Der Arzt verstellt die unter Spannung stehende Röhre. Er kommt mit dem einen Unterarm der zur Röhre führenden Hochspannungsleitung zu nahe. Er erhält einen heftigen Schlag und wird mehrere Meter weit geschleudert. Er ist zehn Minuten lang bewußtlos gewesen.	Schmerzhafte Brandwunde am Arm.	1. Verstellen der unter Spannung stehenden Röhre. Ein um so größerer Bedienungsfehler, als 2. der R-Trafo einpolig geerdet ist. Der Arzt schloß den R-Trafo kurz. Wahrscheinlich ist nur der Unterarm eingeschaltet gewesen. (Brandwunden an der Hand?)	Zu 1. Siehe das zu Fall 10 unter 1 Gesagte. Zu 2. Ein solcher R-Trafo ist gemäß § 16a/1933 nicht zugelassen. Hätte der Gebraucher im Sinne der Betriebsvorschr. § 4a gehandelt, würde der Unfall nicht eingetreten sein.
13. F. M. Groedel, H. Liniger und H. Lossen, Fortschr. Röntgenstr. (Ergänz.-Band) **38** S. 14 (1927).				
Halbwellenapparat für R-Diagnostik; Mittelpunkt der Sekundärwicklung des R-Trafos geerdet; Höchststromausschalter im Primärkreise des R-Trafos, der so eingestellt ist, daß er bei	Nachdem eine Durchleuchtung beendet war, geht der Arzt daran, die Heizleitung von der einen Röhre auf die andere umzulegen. Er tritt dabei versehentlich auf den Fußschalter. Dadurch wird der R-Apparat eingeschaltet. Ein herbeieilender Kollege schaltet den R-	Exitus letalis. Strommarken an den Händen und an der Fußsohle, die auf den Fußschalter aufgesetzt war.	1. Vornahme von Umstellungen am Hochspannungs-Leitungssystem bei eingeschaltetem Hauptschalter. 2. Fußschalter ohne Verriegelungsvorrichtung. 3. Geerdetsein des Mittelpunktes der R-Trafo-Sekundärwicklung. 4. Die Erdung des Verunglückten und damit des einen Apparatpoles durch den Fußschalter und den verhältnismä-	1. Siehe das zu Fall 10 unter 1 Gesagte. 2. Dieser Unglücksfall hat dazu geführt, im § 6c/1930 bzw. § 15a/1933 vorzuschreiben, daß in nichthochspannunggeschützten R-Anlagen (der Klassen C und D) ein Fußschalter als Betriebsschalter für den R-Trafo nur verwendet werden darf, wenn er in seiner Ausschaltstellung durch eine besondere Vorrichtung (Verriegelung, Schutzbügel, Kappe) gesichert ist. Bei einem solchen Fußschalter muß man beim Einschalten zwei verschiedene Fußbewegungen

Beschaffenheit der Röntgenanlage der Schilderung gemäß	Beschreibung des Unfalles	Unfallfolgen	Ursachen des Unfalles; Verlauf des schädigenden Stromes	Wie wären die Fälle ausgegangen, wenn die Ausführung der Anlage und der Betrieb den Bau- und Betriebsvorschriften von Dinrönt 1/1930 bzw. 1/1933 entsprochen hätten? Was kann man aus den Unfällen lernen?
Fortsetzung zu 13.				
etwa 60 mA Röhrenstromstärke anspricht; Fußschalter mit geerdetem Gehäuse. Zwei Arbeitsplätze. Das Umschalten von der einen Röhre auf die andere geschieht durch Umlegen der biegsamen Röhrenheizleitungen. Verhältnismäßig gut leitender Terrazzofußboden.	Apparat aus. Doch der Exitus des Verunglückten war bereits eingetreten. Der R-Apparat ist intakt geblieben. In der Frage, ob der Höchststromausschalter in Wirkung getreten ist, gehen die Berichte auseinander.		ßig gut leitenden Fußboden. Der Verunglückte war an die eine Hälfte der R-Trafo-Sekundärwicklung unmittelbar angeschlossen. Es hat sich der folgende Stromweg (Abb. 2) ausgebildet: kathodischer Pol des R-Trafos, Heizleitung — Hand... Fuß des Verunglückten — Fußschaltergehäuse, Erdungsleitung — Erde — Mittelpunkt der R-Trafo-Sekundärwicklung. Da der sekundäre Kurzschlußstrom des R-Trafos einige hundert mA beträgt, müßte der Höchststromausschalter in Wirkung getreten sein.	hintereinander ausführen. — Würde ein solcher Fußschalter vorgesehen gewesen sein (solche gab es zu der Zeit, als sich das Unglück ereignet hat, noch nicht), dann wäre es nicht ausgelöst worden. 3. Vielleicht wäre der Fall nicht so folgenschwer verlaufen, wenn ein R-Trafo vorgesehen gewesen wäre, bei dem kein Punkt der Sekundärwicklung geerdet ist. Auch in solchem Falle wäre der R-Trafo durch den Tritt auf den geerdeten Fußschalter eingeschaltet und sein kathodischer Pol geerdet worden. Dann hätte sich der Stromweg gemäß Abb. 1 ergeben: Heizleitung — Hand ... Fuß des Verunglückten — Fußschaltergehäuse — Erdungsleitung — Erde — von einem Funkenstrom durchsetzte Luftstrecke — anodischer Pol des R-Trafos. Der Verunglückte wäre also mit der Funkenbahn in Reihe an die ganze Sekundärwicklung des Trafos angeschlossen gewesen. 4. Der Fußschalter ist in diesem Falle aus zwei Gründen verhängnisvoll gewesen, erstens weil der Tritt auf ihn das Unglück ausgelöst hat, zweitens weil durch ihn der Arzt und damit die von ihm gehaltene Heizleitung geerdet worden sind. Allerdings ist dieses zweite, den Fußschalter belastende Moment in diesem besonderen Falle nur von sekundärer Bedeutung gewesen, weil der Fußboden selbst „gute Erde" bildete (siehe Fall 1 und 2). NB. Sollte der Höchststromausschalter, wie das anzunehmen ist (siehe Spalte 4), angesprochen und ausgeschaltet haben, so müßte das bei der großen Stromintensität nach ganz wenigen Zehnteln Sekunden erfolgt sein. Wenn dem so wäre, so wäre damit dargetan, daß der Höchststromauslöser viel zu träge ist, als daß er die einmal eingetretene Gefahr noch rechtzeitig beseitigen könnte.
14. E. Henrard, Bull. Soc. Radiol. méd. France 17 S. 262 (1929).				
R-Diagnostikapparat	Der Gehilfe setzt den Hochspan-	Verbrennungen 1. und 2.	1. Das Sichbetätigen am Hochspannungsleitungs-	1. Siehe das zu Fall 10 unter 1 Gesagte.

Beschaffenheit der Röntgenanlage der Schilderung gemäß	Beschreibung des Unfalles	Unfallfolgen	Ursachen des Unfalles; Verlauf des schädigenden Stromes	Wie wären die Fälle ausgegangen, wenn die Ausführung der Anlage und der Betrieb den Bau- und Betriebsvorschriften von Dinrönt 1/1930 bzw. 1/1933 entsprochen hätten? Was kann man aus den Unfällen lernen?
Fortsetzung zu 14.				
mit umlaufendem Hochspannungsgleichrichter. Das Zeitrelais wird vom Gehilfen, da es nicht ordnungsgemäß gearbeitet hat, wieder instand gesetzt.	nungsgleichrichter in Gang. Er nimmt die Heizleitung in die eine Hand, um sie an die Röhre anzuschließen. Er kommt mit dem anderen Arm an das Metallgerüst des Untersuchungsgerätes. Er erhält einen heftigen Schlag und fällt zu Boden.	Grades an den Strom-ein- und -austrittsstellen.	system bei eingeschaltetem Hauptschalter. 2. Das Schaltmesser und die Kontaktfedern des vom Zeitrelais betätigten R-Trafo-Schalters sind verschmort gewesen. Das Schaltmesser war zwischen den Kontaktfedern hängengeblieben. Der Primärkreis des R-Trafos war also geschlossen. 3. Fehlen einer optischen oder akustischen Anzeigevorrichtung, die das Eingeschaltetsein des R-Trafos anzeigt.	3. Wäre lt. § 11a/1930 bzw. 14a/1933 im R-Raum eine optische oder akustische Signalvorrichtung vorgesehen gewesen, die anzeigt, sobald und solange der R-Trafo eingeschaltet ist, so wäre bei einiger Aufmerksamkeit des Gehilfen der Unglücksfall nicht eingetreten.
15.				
Halbwellen-Diagnostikapparat Mittelpunkt der Sekundärwicklung des R-Trafos geerdet. Keine optische oder akustische Signaleinrichtung.	Der Arzt stellt fest, daß sich der Zeiger des Röhrenstrommessers bei abgeschalteter Heizung der Glühkathode nicht auf den Nullpunkt der Skala einspielt. Er geht an den Röhrenstrommesser heran, um den Zeiger einzujustieren, wobei der R-Apparat eingeschaltet ist.	Exitus letalis.	1. Berühren hochspannungführender Teile des unter Spannung stehenden R-Apparates. 2. Fehlen einer optischen oder akustischen Signaleinrichtung. 3. Geerdetsein des Mittelpunktes der R-Trafo-Sekundärwicklung. Stromverlauf gemäß Abb. 2.	Zu 1: Siehe Fall 10, Punkt 1. Zu 2: Siehe Fall 14, Punkt 3. Zu 3: Siehe Fall 11, Punkt 2.
16. M. Levy-Dorn, Arch. Verdauungskrankh. **37** S. 206.				
Geerdeter metallener Lagerungstisch.	Bei einer Nierenaufnahme liegt das linke Knie des Kranken zu nah zur Röhre. Funkenüberschlag.	Brandflekken auf dem linken Knie und dem rechten Schulterblatt, die bald ausheilen. Eine schwere depressive Neurose.	1. Zu kleiner Abstand des Kranken von der Röhre. 2. Geerdetsein des Lagerungstisches. Der Funkenüberschlag zum Kranken muß verknüpft gewesen sein mit einem zweiten Funkenüberschlag vom anderen Röhrenpol zu einem geerdeten Teil. Stromverlauf ähnlich dem in Abb. 1.	1. Gemäß § 7b der Betriebsvorschr. 1933 muß der Abstand hochspannungführender Teile vom Kranken mindestens 1,5 mm/kV, jedoch in keinem Falle weniger als 200 mm betragen. Wird diese Bedingung erfüllt, so kann bei den in der Diagnostik angewandten Spannungen selbst für den laut Bauvorschrift unzulässigen Fall, daß die Lagerungsplatte und dadurch der Kranke geerdet sind, kein Funke zum Kranken überspringen, selbst wenn beim Einschalten des R-Trafos oder der Röhre eine beträchtliche Über-

Beschaffenheit der Röntgenanlage der Schilderung gemäß	Beschreibung des Unfalles	Unfallfolgen	Ursachen des Unfalles; Verlauf des schädigenden Stromes	Wie wären die Unfälle ausgegangen, wenn im Sinne der Betriebsvorschriften Dinrönt 1/1930 bzw. 1/1933 gehandelt worden wäre? Was kann man aus den Unfällen lernen?
Fortsetzung zu 16.				spannung auftritt. Dies gilt allerdings unter der Voraussetzung, daß die gegenüber dem Erdpotential normalerweise symmetrische Potentialverteilung im Hochspannungssystem nicht nennenswert gestört ist. 2. Wäre der Lagerungstisch im Sinne der Regel 1 in § 20/1930 bzw. 24/1933 aus Holz gefertigt gewesen, so hätte ein den Kranken schädigender Stromfluß nicht zustande kommen können. Bei Einhaltung der Bau- und Betriebsvorschriften würde sich cet. par. kein Unglück ereignet haben.
17.				
R-Apparat mit umlaufendem Hochspannungsgleichrichter. Metallenes Röhrenstativ, geerdet. Beschaffenheit des Lagerungstisches unbekannt.	Während einer Bestrahlung bei 100 kV Röhrenspannung. Funkenüberschlag von der einen (kathodischen) Röhrenzuleitung zum Kranken.	Brandwunde. Der Kranke erholt sich sehr bald.	1. Zu kleiner Kranken-Röhrenabstand. 2. Durchschlag im R-Trafo, und zwar auf der Seite des +-Poles, zwischen Sek.-Wicklung und Prim.-Wicklung des R-Trafos. Offenbar ist die Lagerungsplatte gegen Erde schlecht isoliert gewesen. Vielleicht stand das geerdete Röhrenstativ sehr nah zum Lagerungstisch, so daß der Funkenstrom den Weg genommen hat: Pol — Luftstrecke — Kranker — Lagerungstisch — Luftstrecke — Röhrenstativ — Erde — Durchschlagsstelle im R-Trafo-+-Pol.	1. Siehe Fall 16. Auch in diesem Falle hätte, wenn der Kranken-Röhrenabstand im Sinne des § 7b der Betriebsvorschr. 1933 zu 200 mm bemessen gewesen wäre, selbst im Falle des R-Trafo-Durchschlages ein Funke zum Kranken nicht überschlagen können, es sei denn, daß der Durchschlag eine Überspannung auslöste. 2. Siehe Fall 12, Punkt 3.

c) Hochspannungsunfälle, die auf Betriebsfehler zurückzuführen sind.

18. Eigene Erhebungen; G. A. Wetterstrand, Acta radiol. (Stockh.) 5 S. 105/108 (1925).

Halbwellenapparat mit angebautem Röhrenstativ.	Der röntgenologisch unkundige Arzt schickt sich an, die erste R-Aufnahme zu machen. Er läßt den Apparat einschalten. Um die Röhre zur Blende zu zentrieren, packt er mit der rechten	Exitus letalis beider Verunglückten. Verbrennungen dritten Grades an der rechten Hand und am linken Arm des	Unkenntnis auf röntgenologischem Gebiete. Der R-Trafo war durch die miteinander in Reihe geschalteten Oberkörper der beiden Verunglückten kurzgeschlossen. Die Bahn des Kurzschlußstromes (Wechselstrom) war: kathodischer Pol — rechte Hand des Arztes	Dieser Fall muß als Warnung für Ärzte dienen, die sich, in der Röntgenologie noch nicht bewandert, einen Röntgenapparat zulegen, um daran herumzuexperimentieren. Es darf niemand an einen nichthochspannungsgeschützten Apparat herangehen, der sich nicht mindestens über dessen Handhabung und die mit dessen Benutzung verknüpfte Hochspannungsgefahr ins Bild gesetzt hat. Wenn

Beschaffenheit der Röntgenanlage der Schilderung gemäß	Beschreibung des Unfalles	Unfallfolgen	Ursachen des Unfalles; Verlauf des schädigenden Stromes	Wie wären die Unfälle ausgegangen, wenn im Sinne der Betriebsvorschriften Dinröntt 1/1930 bzw. 1/1933 gehandelt worden wäre? Was kann man aus den Unfällen lernen?
Fortsetzung zu 18.	Hand das kathodische Ende der unter Spannung stehenden Röhre an, während die links von ihm, dicht neben ihm stehende Schwester mit der linken Hand nach dem Anodenpol der Röhre greift. Vom linken Arm des Arztes geht ein Flammenbogen zum rechten Oberarm der Schwester über. Beide Personen fallen zu Boden, wobei der R-Apparat umgeschmissen wird. Der Flammenbogen zündet die Kleider beider Personen. Beide waren bereits tot, als eine herbeieilende Person daran ging, das Feuer zu löschen.	Arztes, am rechten Arm und an der linken Hand der Schwester.	. . . sein linker Arm — teils unmittelbar, teils auf dem Wege eines Flammenbogens zum rechten Arm der Schwester . . . ihre linke Hand — anodischer Pol.	sich jemand, der Materie unkundig, in Lebensgefahr begibt, so dürfte er nicht auch noch das Leben anderer gefährden.
19. F. M. Groedel, H. Liniger und H. Lossen, Fortschr. Röntgenstr. (Ergänz.-Band) **38** S. 14 (1927).	Auf Aufforderung des Arztes hält eine Schwester die eine Röntgenzuleitung hoch. „Im Augenblick, als die Röhre . . . belastet wurde, erhielt die Schwester einen mächtigen Schlag. Als nach 2,5 Sekunden die automatische (Aus)schaltung eintrat, sank der Arm herunter". Die Verunglückte konnte selbst in ihr Zimmer gehen. Heftige Schmerzen im rechten Arm und Bein.	Kleine Verbrennungen am Daumen und Zeigefinger. An den Füßen keine Veränderung wahrnehmbar. Stiefel intakt. Dagegen wies der mit Linoleum bedeckte Fußboden eine handtellergroße Schwarzfärbung auf.	Unkenntnis oder Unachtsamkeit des Arztes und Unkenntnis des Schwester. Stromverlauf: s. Fall 2. Offenbar stand die Schwester auf verhältnismäßig schlechter Erde, die sich innerhalb der sehr kurzen Einschaltedauer zu einer guten Erde nicht durchbilden konnte. Günstig für die Schwester war, daß der Strom durch die rechte Körperhälfte ging und die linke verschont blieb.	In einem Krankenhause dürften weder Ärzte zu selbständigen Handlungen, noch Schwestern zu Hilfeleistungen im Röntgenbetriebe zugelassen werden, solange sie nicht über die elektrischen Gefahren aufgeklärt worden sind.
20. und 21. Untersuchungs-	Unter Durchleuchtung werden Ex-	Brandwunden an den	Benutzung normaler Untersuchungsgeräte zu	Um Extensionen unter der Kontrolle der R-Durchleuchtung gefahrlos aus-

Beschaffenheit der Röntgenanlage der Schilderung gemäß	Beschreibung des Unfalles	Unfallfolgen	Ursachen des Unfalles; Verlauf des schädigenden Stromes	Wie wären die Unfälle ausgegangen, wenn im Sinne der Betriebsvorschriften Dinröntgen 1/1930 bzw. 1/1933 gehandelt worden wäre? Was kann man aus den Unfällen lernen?
Fortsetzung zu 20 und 21.				
geräte, geerdet. In einem der beiden Fälle handelte es sich um ein umlegbares Gerät.	tensionen ausgeführt. In beiden Fällen stemmt sich ein Arzt mit dem einen Bein gegen einen festen Metallteil des Gerätes, während das andere Bein mit der einen Hochspannungsleitung der Untertischröhre in Berührung kommt. — Im einen der beiden Fälle bekam auch der Kranke einen leichten Schlag ab, dabei ist das Narkosenmaterial in Brand geraten.	Beinen, an den Stromeintritts- u. -austrittsstellen.	Arbeiten, für deren Ausführung sie weder gebaut noch geeignet sind.	führen, sich dabei unbedenklich an einer beliebigen Stelle des Tischumfanges aufstellen und sich beliebig gegen den Tisch stemmen zu können, empfiehlt es sich, einen ringsum mit geerdeten Metallschilden oder in geeigneter Weise mit Isolierstoffschilden verschalten hochspannungssicheren R-Untersuchungstisch zu benutzen. Solche Tische gehören seit mehr als 15 Jahren dem Stande der Technik an. Gemäß § 24c Bauvorschr. /1933 müssen bei Untertischgeräten und umlegbaren Geräten für Untertischdurchleuchtung Vorrichtungen vorgesehen sein, die das zufällige Annähern des Untersuchers an Hochspannung führende Teile möglichst verhindern. Bei Benutzung der Dinröntgen 1/1933 entsprechender Untersuchungstische wären die Unfälle nicht eingetreten.
22. Diagnostikapparat mit umlaufendem Hochspannungsgleichrichter.	Während der Revisionsingenieur gleichzeitig beide Hochspannungsabnehmer längs der beiden festen Hochspannungsoberleitungen verschiebt, wird der R-Apparat eingeschaltet. Er verliert die Besinnung fällt zu Boden, wobei er beide Hochspannungsabnehmer abreißt. Tetanus der Handmuskulatur. Ohnmacht eine halbe Stunde lang.	10 bis 14 Tage hindurch Herzkrämpfe, starkes Zittern in den Knieen und Handgelenken, Zuckungen im linken Auge. Diese haben sich noch ein Jahr später bemerkbar gemacht.	Zu 22 und 23. 1. Sichbetätigen an beiden Hochspannungsleitungen zugleich. 2. Einschalten des R-Apparates, ohne darauf geachtet zu haben, daß sich eine Person am hochspannungführenden System betätigt.	Zu 22 und 23. 1. Gemäß § 5a der Betriebsvorschr. /1930 und 1933 berühre man niemals, wenn auch die R-Anlage hochspannungfrei ist, beide Hochspannungsleitungen gleichzeitig. Man achte beim Berühren einer Hochspannungsleitung streng darauf, daß man nicht zufällig mit der anderen Hochspannungsleitung in Berührung kommt. 2. Laut § 8a/1930 bzw. 9a/1933 der Betriebsvorschriften muß vor jedem Einschalten der Hochspannung ein deutlich hörbares Zeichen vom Arzt oder vom Einschaltenden gegeben werden. Vor allem darf man einen R-Apparat nicht einschalten, ehe man sich vergewissert hat, daß sich an hochspannungführenden Teilen oder in deren nächster Nähe kein Mensch betätigt.
23.	Der Arzt schaltet versehentlich den R-Apparat ein, während die Schwester gerade dabei ist, die Röhre aus ihrem	Noch nach 14 Tagen Kribbeln und Gelenkschmerzen in den Armen.		

Beschaffenheit der Röntgenanlage der Schilderung gemäß	Beschreibung des Unfalles	Unfallfolgen	Ursachen des Unfalles; Verlauf des schädigenden Stromes	Wie wären die Unfälle ausgegangen, wenn im Sinne der Betriebsvorschriften Dinröntt 1/1930 bzw. 1/1933 gehandelt worden wäre? Was kann man aus den Unfällen lernen?
Fortsetzung zu 23.	Gehäuse zu entfernen. Sie hat beide Röhrenpole in der Hand. — Sie fällt zu Boden und ist 6 bis 8 Minuten lang bewußtlos.			
24. Ventilröhren-Diagnostikapparat (auch nach dem Unfall in Ordnung befunden); metallenes Röhrenstativ, nicht geerdet; metallenes Lagerungsgestell für den Kranken.	Zahnaufnahmen bei einem auf dem metallenen Lagerungsgestell in halbsitzender Stellung gehaltenen Kranken. Die zur Röhrenanode führende Hochspannungsleitung ist am Röhrengestell vorbeigeführt, die Röhrenheizleitung wird abgebunden, um einen genügend großen Abstand vom Kranken zu erzielen. Der Arzt hält mit seiner linken Hand den Film im Munde des Kranken; mit dem rechten Knie berührt er das Lagerungsgestell. Eine erste Aufnahme gelingt störungsfrei. Wie jedoch der Apparat zum zweiten Male eingeschaltet wird, schlagen Funken von der anodischen Röhrenzuleitung zum Röhrengestell und von der Unterlage des Kranken zum kathodischen Röhrenpol oder zur Röhrenheizleitung über. Der Kranke gibt kein Lebenszeichen mehr. Der Arzt wird bewußtlos, erholt sich aber nach etwa 10 Minuten.	Beim Kranken Exitus letalis; Brandwunde am Gesäß. Beim Arzt Brandwunde an der linken Hand und am rechten Knie.	Die Summe der Abstände hochspannungführender Teile vom metallischen Geräteinerseits, vom Kranken andererseits ist unzureichend gewesen. Offenbar ist nach Vollführung der ersten Aufnahme eine Änderung in der Lage des Kranken oder eine solche in der gegenseitigen Stellung von Röhrenstativ und Lagerungsgestell eingetreten, so daß die Abstände, die ursprünglich ausgereicht hatten, bei der zweiten Aufnahme nicht mehr genügt haben. Der Arzt und der Kranke waren miteinander in Reihe unter Zwischenschaltung von Luftstrecken an die Pole des R-Apparates angeschlossen. Es hat sich der folgende Stromweg ausgebildet: anodische Röhrenzuleitung — Luftstrecke — Röhrengestell — Lagerungsgestell des Kranken — rechtes Knie . . . linke Hand des Arztes — Mund . . . Gesäß des Kranken — Unterlage — Luftstrecke — kathodische Röhrenzuleitung.	Würde die Summe der Abstände der anodischen Röhrenzuleitung vom metallenen Röhrengestell und des kathodischen Röhrenpoles oder der kathodischen Röhrenzuleitung vom Kranken bzw. dessen Unterlage den dafür aus den §§ 7a und 7b der Betriebsvorschr. 1933 errechenbaren Mindestbetrag nicht unterschritten haben, hätte sich der Unglücksfall nicht ereignen können. (Die Röhrenscheitelspannung betrug 55 kV. Die Längen der beiden Luftstrecken hätten gemäß obigem mindestens 6,1 und 8,3 cm betragen müssen. Die zweite hätte allein schon annähernd ausgereicht.) Der § 7b der Betriebsvorschr. 1933 ist strenger als der von 1930. Danach hat die Luftstrecke — Röhrenkathode — Kranker cet. par. mindestens 20 cm zu betragen.

II. Elektrischer Unfall, entstanden unter der Einwirkung der Netzspannung

Beschaffenheit der Röntgenanlage der Schilderung gemäß	Beschreibung des Unfalles	Unfallfolgen	Ursachen des Unfalles: Verlauf des schädigenden Stromes	Bemerkungen
H. R. Schinz, Röntgenpraxis 5 (1933).				
Metallenes Untersuchungsgerät, geerdet. Bucky-Drehblende. Die Stromzuleitung zu dem die Drehblende antreibenden Drehfeldmotor besteht aus einer dreiadrigen isolierten Leitung. Diese an die Drehblende mittels eines Hartgummistekkers angeschlossen. Am Ende der isolierten Leitung eine blanke, metallene Schnurschutzspirale. Stecker war mehrere Male repariert.	Der Chefarzt geht nach einer gerade beendeten Operation in das R-Untersuchungszimmer, um dort eine Durchleuchtung vorzunehmen. Seine Arme, die er gerade zuvor gewaschen hatte, sind noch feucht. Mit seiner linken Hand faßt er die Hand des Kranken und berührt dabei mit dem Oberarm das geerdete Gerät. Mit dem rechten Arm greift er unterhalb des Kassettenrahmens durch, um den Ellenbogen des Kranken zu stützen. Er kommt dabei einmal mit der blanken Schnurschutzspirale (Stelle a) und an einer etwa 6 cm weit davon entfernten, in der Nähe der Ellenbogenbeuge gelegenen Stelle b mit einer geerdeten Metalleiste der Drehblende in Berührung. Der Arzt fällt zu Boden und ist tot.	Exitus letalis. Leichte Verbrennungen an den beiden Oberarmen, und zwar am linken an einer Stelle, am rechten an zwei Stellen. Von diesen die eine (b) in der Nähe der Ellenbogenbeuge, die andere (a) etwa 6 cm weit davon entfernt.	Leitende Verbindung zwischen der Schnurschutzspirale und der einen ans Netz angeschlossenen Ader der Stromzuleitung zur Drehblende infolge eines Defektes im Stecker bzw. im Endstücke der Stromzuleitung. Die Schnurschutzspirale hätte entweder außen für Netzspannung isoliert oder geerdet sein müssen. Stromweg: 1. Vom linken Oberarm zum rechten Oberarm bis zur Stelle a. 2. Von dieser Stelle a zur Stelle b am gleichen Arm. Von Belang ist nur der Strom gewesen, der den Weg 1 nahm.	Der Stecker und die Schnurschutzspirale waren ebenso ausgeführt, wie das bei Hausgeräten (Plätteisen u. a. m.) bisher allgemein der Fall gewesen ist. Gemäß der vom VDE herausgegebenen Vorschrift (VDE 501) „für zweipolige Gerätesteckdosen 10 A 250 V mit Schutzkontakt“ ist die metallene Schnurschutzspirale an die Schutzleitung für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung anzuschließen. Die Vorschrift VDE 501 ist am 1. Januar 1933 in Kraft getreten. Die ab 1. Januar 1933 gelieferten Stecker sind bereits dieser Vorschrift gemäß ausgeführt.

(Schluß folgt)